

Методы определения реакционной способности заполнителей.

Профилактика (нейтрализация) щелоче-кремниевой реакции за счет управляемой провокации с применением активных минеральных добавок.

А.Ю. Миронова  
Зам. директора по качеству ООО «ГК Девиз»

---

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ  
(EASCC)

EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION  
(EASC)

---



МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ ГОСТ  
СТАНДАРТ —

202\_

(Проект RU,  
первая редакция)

---

**ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ БЕТОНОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ  
РАСТВОРОВ**  
**Методы определения реакционной способности**

Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения

**Минск**

Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации  
202\_

## Классификация

---

**AAR**

**alkali-aggregate reaction** - реакционная способность заполнителей: Способность заполнителей для бетона или строительного раствора вступать в химическую реакцию со щелочами цемента (или щелочами из других источников), что при определенных условиях может вызывать деструктивное расширение бетона или строительного раствора.

---

**ASR**

- **alkali-silica reaction** - щелоче-кремниевая реакция: Химическая реакция в бетоне или строительном растворе между гидроксидами щелочных металлов из цемента (или из других источников) с некоторыми кремневыми породами или потенциально реакционноспособными минералами, присутствующими в некоторых заполнителях, содержащими  $\text{SiO}_2$ , которая сопровождается образованием щелоче-кремнегеля.

---

**ACR**

- **alkali-carbonate reaction** - щелоче-карбонатная реакция: Химическая реакция в бетоне или строительном растворе между гидроксидами щелочных металлов из цемента (или из других источников) и некоторыми карбонатными породами (доломитом, доломитизированным известняками и др.), содержащими  $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ , которая, как правило, сопровождается дедоломитизацией.

---

# Реакционная способность заполнителей. Методология определения ASR, принятая в РФ

ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний

Шаг	Критерий
Минералого-петрографический состав	Определение потенциально реакционных пород и минералов при разведке месторождения
Химический состав	Оценка количественного содержания растворимого в щелочах кремнезема · не более 50 ммоль/л
Ускоренные испытания раствора	Определение относительных деформаций за срок не более 1 месяца с применением раствора гидроксида натрия · не более 0,1 %
Длительные испытания бетона	Определение относительных деформаций за срок не более 1 года · не более 0,04 %

## Ускоренные испытания раствора на ASR по ГОСТ 8269.0

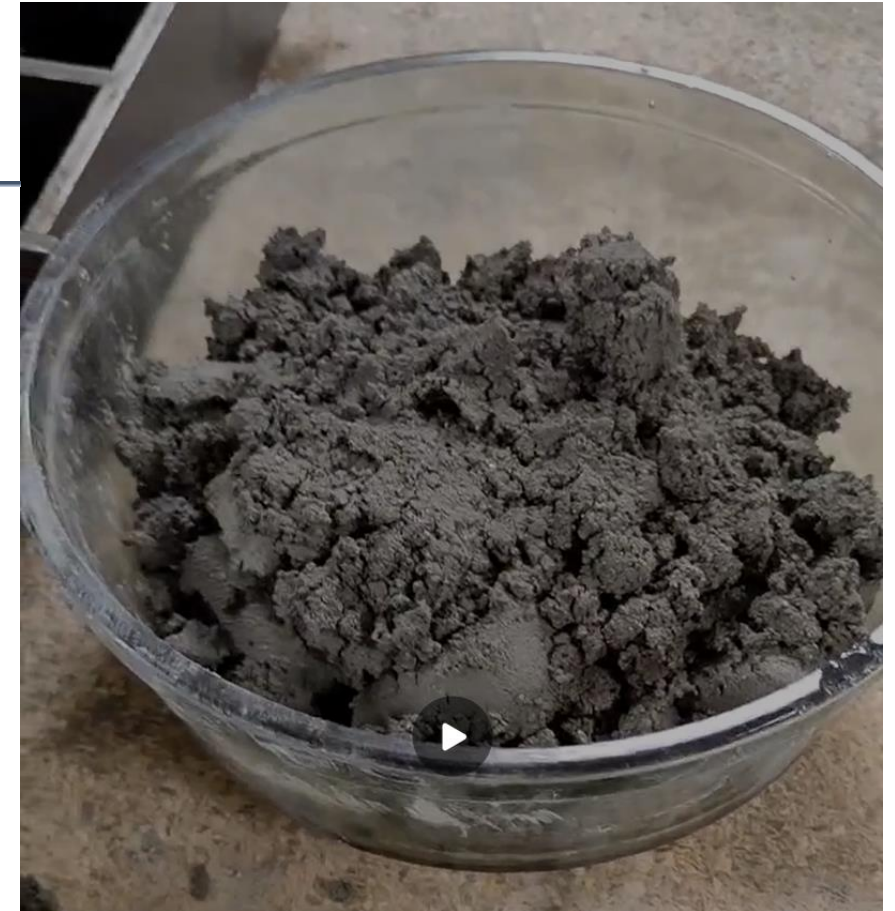
Испытания проводят на образцах-балочках размером 25x25x254 мм, изготовленных из мелкозернистых бетонных смесей состава - цемент: измельченный заполнитель в соотношении 1:2,25 по массе.

Расплыв конуса при испытании на встряхивающем столике по ГОСТ 310.4 должен составить 106 - 115 мм. Количество воды затворения определяют предварительным подбором.

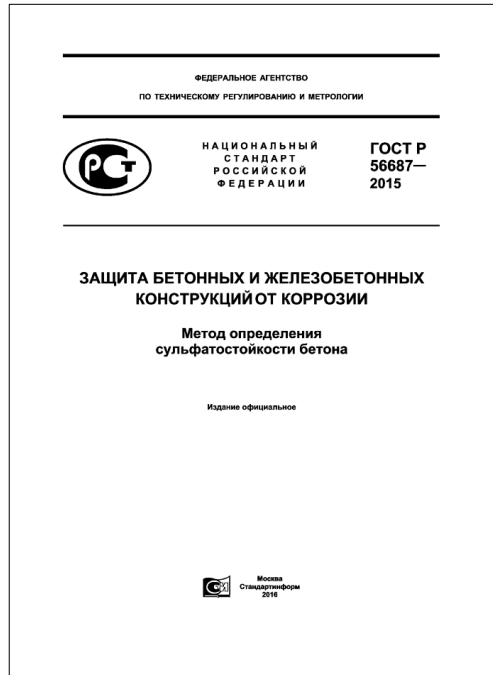
Взвешивают 440 г цемента и 900 г измельченного заполнителя.

Емкость с образцами закрывают крышкой и на (24 +/- 1) ч помещают в электропечь с регулятором поддержания температуры (80 +/- 1) °С. По истечении указанного времени образцы извлекают из электропечи и помещают каждый образец в полиэтиленовый пакет для охлаждения до температуры (20 +/- 5) °С, но не менее чем на 4 ч.

Измерения проводят ежедневно в одно и то же время суток, при этом необходимо получить одиннадцать измерений деформаций.



# Определение сульфатостойкости бетона



4 В настоящем стандарте учтены основные нормативные положения следующих национальных стандартов США:

- **ASTM C 452-06** "Стандартная методика испытаний растворов на основе портландцемента на потенциальное расширение при воздействии сульфатов" (ASTM C 452-06 "Test Method for Potential Expansion of Portland-Cement Mortars Exposed to Sulfate", NEQ);

- **ASTM C 1012-04** "Стандартная методика испытаний растворов на основе гидравлического цемента на изменение длины под воздействием растворов сульфатов" (ASTM C 1012-04 "Standard Test Method for Length Change of Hydraulic-Cement Mortars Exposed to a Sulfate Solution", NEQ)

	ГОСТ Р 56687	ASTM C 1012	ASTM C 452
Состав	Цемент, АМД, ХД Монофр. песок Вяж/П 1:2,75 Расплав конуса 106-115	Цемент, АМД, ХД Полифр. песок Вяж/П 1:2,75 В/Ц 0,485 (0,46)	Только портландцемент Гипс (7 % по SO <sub>3</sub> ) Полифр. песок Вяж/П 1:2,75 В/Ц 0,485
Хранение до распалубки	24 часа Т 20+/-3 °С W 90 %	24 часа Т 35+/-3 °С	24 часа Т 23+/-2 °С Перед испытанием на 30 минут в известковую воду
Первоначальное хранение	27 суток Т 20+/-3 °С Дистиллированная вода	До набора прочности в 20 МПа Т 23+/-3 °С Известковая вода (Na <sup>+</sup> Cl <sup>-</sup> по 50 мг/л)	Т 23+/-3 °С Известковая вода (Na- Cl- по 50 мг/л)
Последующее хранение и срок испытания	5%-ный раствор сульфата натрия Т 20+/-3 °С 1, 2, 4 недели и далее 1 раз в месяц до 6 месяцев	5%-ный раствор сульфата натрия Т 23+/-3 °С 1,2,3,4,8,13,15 недель 4,6,9,12 месяцев Дополнительно 15 и 18 месяцев	Известковая вода (Na- Cl- по 50 мг/л) Т 23+/-3 °С 14 дней (1) при необходимости продлить КРИТЕРИЙ до 0,02%

# Длительные испытания бетона по ГОСТ 8269.0

---

## 4.22.4 Метод испытаний образцов бетона

Метод основан на определении в установленные сроки (в течение одного года) относительных деформаций образцов бетона, изготовленных на заполнителях, полученных из горной породы или щебня (гравия), содержащих растворимый кремнезем более 50 ммоль/л, портландцементе с заданным составом и природном нереакционноспособном песке с модулем крупности  $M_k$  свыше 2,0 до 2,5.

....

Состав бетонной смеси для изготовления образцов-балочек назначается по массе и должен составлять 1:1,4:2,6.

# ГОСТ Р 59574-2021 Щебень на основе пеностекла. Технические условия

1 РАЗРАБОТАН Федеральным государственным бюджетным учреждением "Научно-исследовательский институт строительной физики Российской академии архитектуры и строительных наук" (НИИСФ РААСН)

Настоящий стандарт распространяется на щебень из пеностекла (ЩП), изготовленный на специализированных производственных линиях и применяемый в качестве заполнителя легких бетонов...

7.10 Реакционную способность щебня из пеностекла определяют по ГОСТ 8269.0.

Реакционная способность щебня из пеностекла к проявлению щелоче-силикатных реакций.

Сыпучие материалы из пеностекла, применяемые в качестве заполнителей армированного легкого бетона, должны соответствовать следующим требованиям:

- величина деформации расширения образцов в растворе гидроксида натрия - не более 0,1%.



# ГОСТ 33050-2014 Дороги автомобильные общего пользования. Щебень и гравий из горных пород. Определение реакционной способности горной породы и щебня (гравия)

1 РАЗРАБОТАН Обществом с ограниченной ответственностью "Инновационный Технический Центр", Межгосударственным техническим комитетом по стандартизации МТК 418 "Дорожное хозяйство"

## 5. Метод испытания

Реакционную способность горной породы или щебня (гравия) устанавливают при петрографической разборке пробы щебня (гравия) и характеризуют наличием минералов, содержащих растворимый в щелочах кремнезем.

Минерал и вид кремнезема	Вид потенциально реакционно-способных пород	Минимальное содержание минерала, % по массе, при котором возможна щелочная коррозия бетона
Опал	Базальты и другие лавы. Известняки, роговики, сланцы опаловидные	0,25
Стекло кислое аморфное	Обсидианы, перлиты, липариты, дациты, андезитодациты, андезиты, туфы и аналоги этих пород, имеющие стекловидную основу	3,0
Халцедон криптомикр-кристаллический	Кремни, известняки, доломиты, песчаники с опалохалцедоновым и халцедонокварцевым цементом, яшмы, роговики	5,0
Кристобалит, тридимит кристаллические	Расплавы, состоящие из кремнезема (материалы, полученные плавлением)	1,0

Страна	Петрографический метод	Химический метод	Измерение деформаций			Испытание микропризм
			бетона	раствора	Ускоренный, при t=80°C	
					NaOH	
Австралия					+	
Аргентина	+	+		+		
Бельгия					+	
Великобритания	+		+			
Германия	+	+		+		
Италия	+	+		+		
Канада	+	+	+	+	+	
Кипр		+		+		
Новая Зеландия	+	+		+		
Норвегия			+		+	
Россия	+	+	+	+	+	
США	+	+	+	+	+	
Франция			+	+		+
Япония		+		+	+	

# Реакционная способность заполнителей (зарубежная практика)

United States Department of Transportation



Search 

About FHWA

Programs

Resources

Newsroom

OFFICE OF RESEARCH, DEVELOPMENT, AND TECHNOLOGY AT THE TURNER-FAIRBANK HIGHWAY RESEARCH CENTER

U.S. DEPARTMENT OF TRANSPORTATION

**Federal Highway Administration**

1200 NEW JERSEY AVENUE, SE

WASHINGTON, DC 20590

202-366-4000

МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА США

**Федеральное управление автомобильных дорог**

НЬЮ-ДЖЕРСИ-авеню, 1200, Южная Каролина

ВАШИНГТОН, округ Колумбия 20590

202-366-4000

## ALKALI-AGGREGATE REACTIVITY (AAR) FACTS BOOK



 U.S. Department of Transportation  
Federal Highway Administration

Selecting Measures to Prevent Deleterious  
Alkali-Silica Reaction in Concrete

Rationale for the AASHTO PP65  
Prescriptive Approach

 U.S. Department of Transportation  
Federal Highway Administration

October 2012

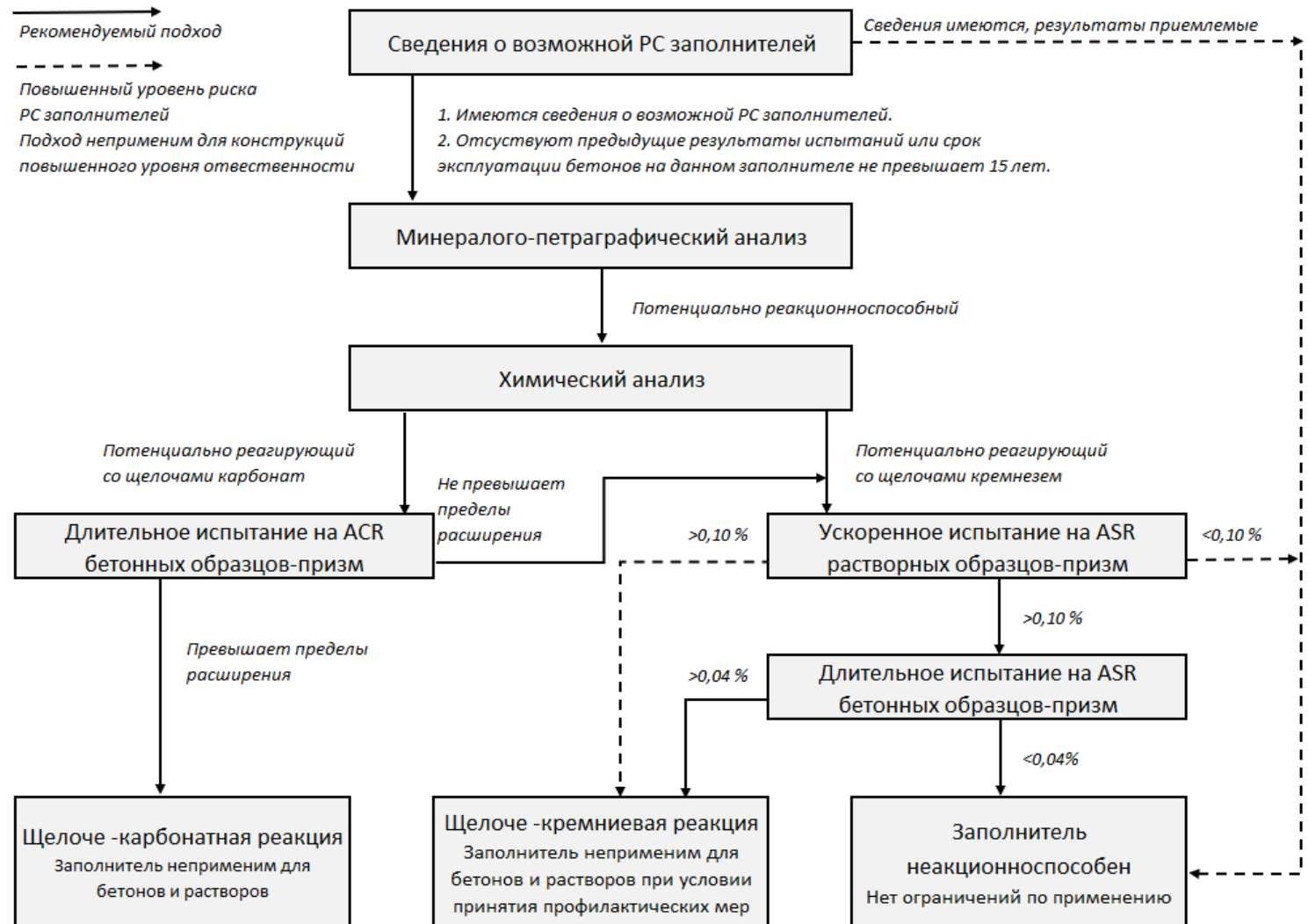
# PP65-11

Рекомендации PP65-11 можно разбить на два шага:

1. Оценка реакционной способности заполнителей (ASR и ACR).
2. Выбор профилактических мер (только для ASR).

Реакционная способность заполнителей оценивается на основании:

- (i) истории (сведения о возникновении ASR и ACR в предыдущих периодах),
- (ii) петрографического анализа,
- (iii) химического состава (для природных заполнителей),
- (iv) данных ускоренных испытаний растворных балочек (AASHTO T 3031)
- (v) данных длительных испытаний бетонных призм (ASTM C 1293).



PP65-11 предлагает два равнозначных подхода к выбору профилактических мер:

- (i) параметрический подход, основанный на получении положительных результатов лабораторных испытаний (достижении характеристик / параметров);
- (ii) предписывающий подход, основанный на оценке степени реакционной способности заполнителей, его типе и размере зерен, условиях эксплуатации бетона, ответственности конструкции, а также составе используемых дополнительных цементирующих материалов.

*PP65-11 provides two approaches for selecting preventive measures: (i) a performance approach based on laboratory testing, and (ii) a prescriptive approach based on a consideration of the reactivity of the aggregate, type and size of structure, exposure conditions, and the composition of cementitious materials being used.*

## PP65-11

При использовании **параметрического подхода** проводят:

- ускоренное испытание растворных балочек для оценки комбинаций вяжущих материалов и заполнителей (ASTM C 1567) и
- испытание бетонных призм (ASTM C 1293),

**причем предпочтение отдается последнему тесту.**

Варианты профилактических мер, включенные **в предписывающий** подход PP65-11, заключаются в следующем:

- ограничение содержания щелочей в бетоне,
- применение достаточного количества дополнительных вяжущих материалов (SCM) или комбинаций SCM, или
- использовать комбинацию этих двух вариантов (то есть контролировать содержание щелочи в бетоне и использовать SCM).


Точный допустимый уровень щелочи или требуемый уровень SCM зависит от ряда факторов, включая: совокупную реакционную способность, тип и размер конструкции, условия воздействия, а также состав используемого цемента и SCM.

... подход аналогичен разработанному в Канаде (CSA A23.2-27A) и Европе (RILEM TC191-ARP: AAR-7).

# Проект ГОСТ ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ БЕТОНОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ

## Методы определения реакционной способности

1. Минералого-петрографический анализ
2. Химические методы
3. Ускоренный метод определения щелочесиликатной реакции заполнителей
4. Ускоренный метод оценки принятых профилактических мер
5. Длительный метод определения щелочесиликатной реакции и оценки принятых профилактических мер
6. Длительный метод определения щелочесиликатной реакции.

ЕВРАЗИЙСКИЙ СОВЕТ ПО СТАНДАРТИЗАЦИИ, МЕТРОЛОГИИ И СЕРТИФИКАЦИИ (EASC)	
EURO-ASIAN COUNCIL FOR STANDARDIZATION, METROLOGY AND CERTIFICATION (EASC)	
	МЕЖГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТАНДАРТ
	ГОСТ — 202_ <i>(Проект RU, первая редакция)</i>
<b>ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ БЕТОНОВ И СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ</b>	
<b>Методы определения реакционной способности</b>	
Настоящий проект стандарта не подлежит применению до его утверждения	
Минск Евразийский совет по стандартизации, метрологии и сертификации 202_	

# Реакционная способность заполнителей (зарубежная практика)

Класс по реакционной способности	Описание	Годовое расширение, %	Расширение при ускоренном методе, %
R0	Нереакционно-способный	≤ 0,04	≤ 0,1
R1	Умеренно реакционно-способный	>0,04, ≤ 0,12	>0,1, ≤ 0,3
R2	Высоко реакционно-способный	>0,12, ≤ 0,24	>0,3, ≤ 0,45
R3	Очень высоко реакционно-способный	>0,24	>0,45

Назначение бетона и условия воздействия	Класс реакционной способности			
	R0	R1	R2	R3
Бетон немассивных конструкций в сухой среде	1 уровень риска	1 уровень	2 уровень	2 уровень
Бетон массивных конструкций в сухой среде	1 уровень	2 уровень	3 уровень	4 уровень
Бетон конструкций, подвергающийся воздействию влажного воздуха, заглубленный или погруженный в воду	1 уровень	3 уровень	4 уровень	5 уровень
Бетон конструкций, подвергающийся воздействию щелочей в процессе эксплуатации	1 уровень	4 уровень	5 уровень	6 уровень

Сорт	Степень приемл. ASR	Последствия ASR		Примеры конструкций
S1	Некоторое ухудшение от ASR можно допустить	Небольшие или незначительные последствия для безопасности, экономики или окр. среды		Несущие элементы внутри зданий, временные конструкции (например, < 5 лет)
S2	Умеренный риск ASR является приемлемым	Некоторые последствия для безопасности, экономики или окружающей среды в случае серьезного ухудшения		Тротуары, бордюры и желоба срок службы < 40 лет
S3	Незначительный риск ASR приемлем	Значительные последствия для безопасности, экономики или окружающей среды при незначительном повреждении		Тротуары, водопропускные трубы, дор. ограждения, сельские малотоннажные мосты, большое кол-во сборных ЖБ элементов, замена которых сопряжена с большими эконом. затратами. Срок службы обычно от 40 до 75 лет
S4	ASR недопустима	Серьезные последствия для безопасности, экономики или окружающей среды		Основные мосты, тоннели, критические элементы, которые очень трудно проверить или отремонтировать
Уровень риска	Вид (сорт) конструкций			
	S1	S2	S3	S4
1	V уровень проф.	V	V	V
2	V	V	W	X
3	V	W	X	Y
4	W	X	Y	Z
5	X	Y	Z	ZZ
6	Y	Z	ZZ	††

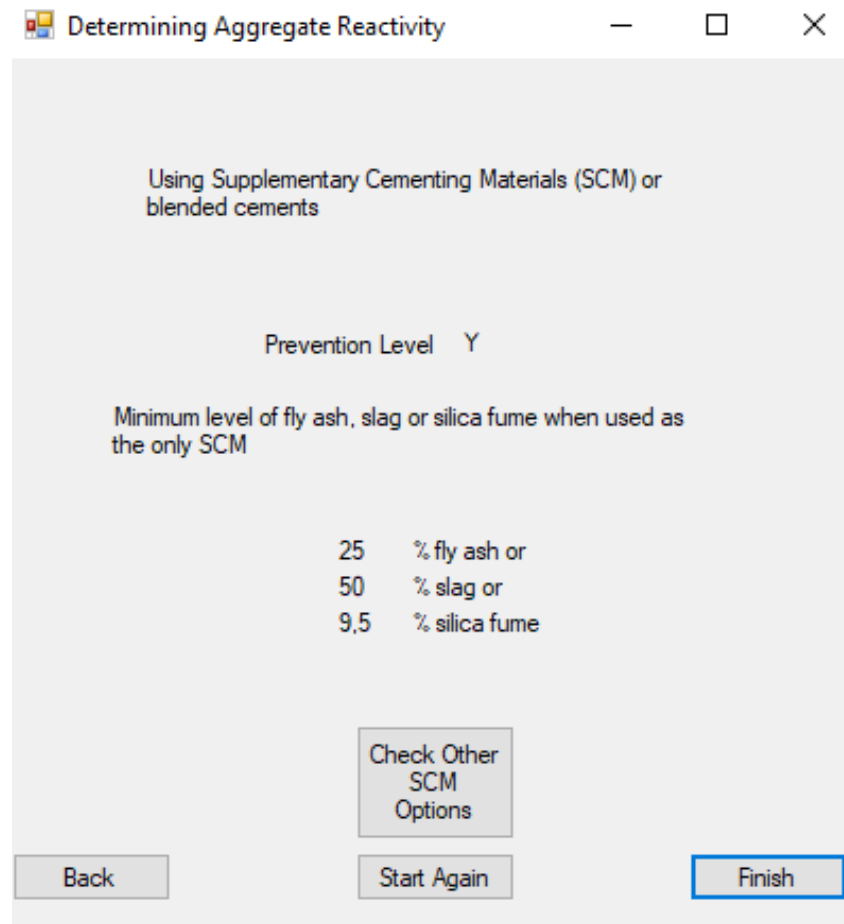


# Нейтрализация (смягчение) ASR

Управляемая (преднамеренная) провокация ARS на ранней стадии схватывания цемента

Тип АМД	Содержание щелочей в добавке	Уровень профилактики и % по массе замещения портландцемента			
		W	X	Y	Z
Зола-уноса (CaO ≤ 18%)	≤ 3,0	15	20	25	35
	> 3,0, ≤ 4,5	20	25	30	40
Шлак	≤ 1,0	25	35	50	65
Микрокремнезем	≤ 1,0	2,0 x СЩБ*	2,5 x СЩБ*	3,0 x СЩБ*	4,0 x СЩБ*

\*СЩБ – содержание щелочей в бетоне, кг



<https://www.fhwa.dot.gov/pavement/concrete/asr/resources/pp65.cfm>

## AASHTO PP65

AASHTO PP65 содержит рекомендации по определению реакционной способности заполнителей бетона и выбору профилактических мер, используя либо подход, основанный на характеристиках, либо на предписаниях. Эта интерактивная программа принимает участие пользователя, шаг за шагом проходя по PP65 и предлагая рекомендации по использованию заполнителей для предотвращения ASR и ACR.

### Инструкции по установке программы AASHTO PP65

Стандартная практика определения реакционной способности заполнителей бетона и выбора соответствующих мер для предотвращения вредного расширения в новых бетонных конструкциях

#### Требования:

У вас должна быть установлена платформа Microsoft .NET Framework 4. Ее можно бесплатно загрузить с сайта Microsoft: <http://www.microsoft.com/en-us/download/details.aspx?id=17851>

#### Для установки стандартной практической программы:

1. Загрузите и сохраните zip-файл Standard Practice на свой компьютер (рабочий стол, документы, программные файлы или в другое место). По возможности рекомендуется установить его где-нибудь на диске C компьютера.
2. Разархивируйте файл. (Используйте WinZip или аналогичную программу для извлечения файлов; не открывайте его просто так.)
3. После извлечения файлов должно быть два файла с именами "setup.exe" и "Стандартная практика.применение". Также должен быть каталог под названием "Файлы приложений", содержащий еще один каталог с "Standard Practice.application", "Standard Practice.exe.deploy" и "Standard Practice.exe.manifest".
4. В главном каталоге запустите setup.exe.
5. Вы можете получить несколько предупреждений о непроверенном издателе, но продолжайте установку.
6. Название программы - "Стандартная практика". Если она не запускается автоматически, запустите приложение Standard Practice из меню "Пуск" Windows.

[PDF-версия инструкции по монтажу \(0,1 мб\)](#)

#### Скачать программу AASHTO PP65

- [pp65.zip \(0,5 мб\)](#)

# СТО 36554501-022-2010 Защита бетона от коррозии, вызванной реакцией диоксида кремния заполнителя со щелочами цемента

5.2 Периодичность испытаний заполнителей на наличие реакционноспособного кремнезема:

петрографические исследования — выполняются перед разработкой месторождения и отдельных его частей, отличающихся составом горной породы;

химические испытания — выполняются с периодичностью один раз в год и по запросу потребителя;

ускоренные испытания образцов из цементно-песчаного раствора — выполняются с периодичностью один раз в год и по запросу потребителя;

испытания бетонных образцов — выполняются в случае, если в ускоренных испытаниях образцы показали наличие деформаций, превышающих критические значения.

Т а б л и ц а 1 — Критические значения для оценки результатов испытаний

Метод испытаний	Критическое значение
Петрографический	Содержание минералов и пород, вызывающих щелочную коррозию бетона, по таблице 7 ГОСТ 8269.0
Химический	Растворимого в щелочи кремнезема 50 ммоль/л
Ускоренные испытания растворных образцов	Деформации более 0,1 %
Испытания бетонных образцов	Деформации более 0,04 %

Т а б л и ц а 2 — Классификация заполнителей по степени реакционной способности при испытании по ГОСТ 8269.0

Характеристика заполнителя	Деформации расширения, %	
	растворных образцов за 14 сут	бетонных образцов за год
Нереакционноспособный	Менее 0,10	Менее 0,04
Реакционноспособный	0,10—0,15	0,04—0,12
Высокреакционноспособный	Более 0,15	Более 0,12

## 2 Нормативные ссылки

В настоящем стандарте использованы ссылки на следующие нормативные документы.  
ГОСТ 3476—74 Шлаки доменные и электротермофосфорные гранулированные для производства цемента

ГОСТ 5382—91 Цементы и материалы цементного производства. Методы химического анализа

ГОСТ 8269.0—97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний

ГОСТ 10178—85\* Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия

ГОСТ 22266—94 Цементы сульфатостойкие. Технические условия

ГОСТ 25818—91\* Зола-уноса тепловых электростанций для бетона. Технические условия

ГОСТ 30515—97 Цементы. Общие технические условия

ГОСТ 31108—2003 Цементы общестроительные. Технические условия

СНиП 2.03.11-85 Защита строительных конструкций от коррозии

СНиП 23-01-99\* Строительная климатология

СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий

## Список литературы

1. CR 1901:1995 Regional specifications and recommendations for the avoidance of damaging alkali silica reactions in concrete. CEN. European committee for standardization, 1995
2. AAR-7. International specification to minimise damage from alkali reaction in concrete. RILEM/ Draft. — March 2005
3. Руководство по предотвращению внутренней коррозии бетонных и железобетонных конструкций мостов, тоннелей и других транспортных сооружений. — М.: ЦНИИС, 1992
4. ТУ 21-26-11-90 Добавки для цемента. Активные минеральные добавки
5. ТУ 5743-049-02495332-96 Микрокремнезем конденсированный
6. ТУ 5743-073-46854090-98 Модификатор бетона МБ 10-01.

# СТО 36554501-022-2010 Защита бетона от коррозии, вызванной реакцией диоксида кремния заполнителя со щелочами цемента

Т а б л и ц а 3 — Категории защитных мероприятий для различных конструкций и условий эксплуатации

Массивность конструкций и условия эксплуатации	Категория защитных мероприятий для бетона на заполнителях		
	нереакционно-способных	реакционно-способных	высоко-реакционно-способных
Немассивные в сухих условиях	1	1	2
Массивные* в сухих условиях	1	3	3
Все конструкции во влажных условиях	1	3	4
Все конструкции при воздействии растворов противогололедных реагентов	1	4	4

\* Массивные конструкции — конструкции с минимальным размером сечения более 250 мм.

Т а б л и ц а 4 — Перечень защитных мероприятий

Категория защитных мероприятий	Защитные мероприятия
1	Защитные мероприятия не требуются
2	Выполнить одно из следующих мероприятий: 2.1 Заменить заполнитель на нереакционноспособный полностью или частично 2.2 Ограничить содержание щелочей в бетоне до 3,0 кг/м <sup>3</sup> * 2.3 Применить шлакопортландцемент 2.4 Применить минеральные добавки в составе бетона
3	Выполнить одно из следующих мероприятий: 3.1 Заменить заполнитель на нереакционноспособный 3.2 Ограничить содержание щелочей в бетоне до 2,4 кг/м <sup>3</sup> * 3.3 Применить шлакопортландцемент 3.4 Применить пуццолановые цементы (для конструкций в воде) 3.5 Применить минеральные добавки в составе бетона
4	Выполнить защитные мероприятия по специальному проекту

\* При определении содержания щелочей в бетоне следует учитывать водорастворимые щелочи цемента, минеральных и химических добавок и воды затворения.

## 8 Мероприятия по защите от коррозии

8.1 Основными мероприятиями по защите бетона от коррозии, вызываемой реакцией диоксида кремния заполнителя со щелочами цемента, являются:

- поддержание бетона в сухом состоянии;
- применение портландцементов с низким (до 0,6 %) содержанием щелочей в клинкере;
- ограничение применения добавок, содержащих соли и гидроксида калия и натрия;
- применение портландцемента с минеральными добавками, а также пуццоланового портландцемента и шлакопортландцемента;
- применение минеральных добавок (природные пуццоланы, зола-унос, доменный шлак, микрокремнезем и добавки на его основе) (приложение А);
- ограничение содержания щелочей в бетоне за счет сокращения расхода цемента при приготовлении бетона;
- применение воздухововлекающих и микрогазообразующих добавок (содержание вовлеченного воздуха или газа — 3—5 %).

**Минеральные добавки** осадочного и органического происхождения: трепел, опока, диатомит. Технические условия на активные минеральные добавки — ТУ 21-26-11 [4]. Ориентировочное содержание щелочей R<sub>2</sub>O:

Эффективность **зола-уноса** как добавки, предупреждающей коррозию бетона от реакции щелочей с диоксидом кремния в заполнителе, зависит от состава сжигаемого угля. Согласно ГОСТ 25818 к кислым золам как минеральным добавкам, уменьшающим опасность коррозии от реакции щелочей с диоксидом кремния в заполнителе, предъявляются следующие требования:

**Микрокремнезем** по ТУ 5743-049-02495332 [5] или модификатор МБ 10-01 по ТУ 5743-073-46854090 [6] рекомендуется вводить с бетон в количестве 10—20 % массы цемента. При большем количестве добавки возможна коррозия стальной арматуры.

**Гранулированные доменные шлаки**, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 3476, металлургических заводов: Новоліпецкый, Северсталь, Тулачермет. Содержание щелочей в шлаках указанных заводов не превышает 2 %.